© Kazmirchuk S., Akhmetov B., Gololobov A., Gnatyuk S., Seilova N. The n-fold decrease method of linguistics variables, based on the private database extension // Ukrainian Scientific Journal of Information Security, 2014, vol. 20, issue 3, p. 306-311.

МЕТОД *n*-КРАТНОГО ПОНИЖЕНИЯ ПОРЯДКА ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО РАСШИРЕНИЯ БАЗЫ

Светлана Казмирчук[1], Бахытжан Ахметов[2], Андрей Гололобов[1], Сергей Гнатюк[1], Нургуль Сейлова[2]

[1]Национальный авиационный университет, Украина
[2]Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Республика Казахстан

КАЗМИРЧУК Светлана Владимировна, к.т.н.

Год и место рождения: 1985 год, г. Алматы, Республика Казахстан.
Образование: Национальный авиационный университет, 2006 год.
Должность: доцент кафедры безопасности информационных технологий с 2012 года.
Научные интересы: информационная безопасность, системы менеджмента информационной безопасности, защита программного обеспечения, комплексные системы защиты информации, управление информационными рисками.
Публикации: более 50 печатных работ, среди которых монографии, учебные пособия, научные статьи и материалы конференций.
E-mail: sv902@mail.ru

АХМЕТОВ Бахытжан Сражатдинович, д.т.н.

Год и место рождения: 1954 год, Республика Казахстан.
Образование: МВТУ имени Н.Э. Баумана, 1977 год.
Должность: директор Института информационных и телекоммуникационных технологий с 2011 года.
Научные интересы: автоматизация управления, информатизация образования, защита информации и энергосберегающие технологии.
Публикации: автор 250 научных и учебно-методических трудов, в числе которых 7 монографий, 11 учебных пособий и 10 патентов.
E-mail: b_akhmetov@ntu.kz

ГОЛОЛОБОВ Андрей Юрьевич

Год и место рождения: 1983 год, г. Киев, Украина.
Образование: НТУ Украины «Киевский политехнический институт», 2006 год.
Должность: аспирант кафедры безопасности информационных технологий с 2012 года.
Научные интересы: информационная безопасность, программирование.
Публикации: более 10 печатных работ, среди которых научные статьи и материалы конференций.
E-mail: b2d@ukr.net

ГНАТЮК Сергей Александрович, к.т.н.

Год и место рождения: 1985 год, г. Нетешин, Хмельницкая область, Украина.
Образование: Национальный авиационный университет, 2007 год.
Должность: доцент кафедры безопасности информационных технологий с 2012 года.
Научные интересы: информационная безопасность, квантовая криптография, кибербезопасность критических инфраструктур, менеджмент инцидентов информационной безопасности.
Публикации: более 100 научных публикаций, среди которых монографии, статьи в международных и отечественных специализированных журналах, патенты и др.
E-mail: s.gnatyuk@nau.edu.ua

СЕЙЛОВА Нургуль Абадуллаевна, к.т.н.

Год и место рождения: 1979 год, Кзыл-Ординская область, Республика Казахстан.
Образование: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2001 год.
Должность: заведующая кафедрой «Информационная безопасность» с 2014 года.
Научные интересы: сетевые технологии, защита информации, развитие операционных систем и систем управления базами данных.
Публикации: более 25 учебно-методических работ и более 30 статей.
E-mail: seilova_na@mail.ru

Аннотация. *В основу известной системы анализа и оценивания рисков заложены методы, основывающиеся на обработке лингвистических переменных, базирующихся на эталонных параметрических трапециевидных нечетких числах с различным количеством определяющих термов, формирование которых связано с привлечением экспертов соответствующей предметной области. Эффективность практического использования такой системы зависит от ее возможностей обрабатывать различные типы нечетких чисел и от оперативности варьирования количеством термов без привлечения необходимых экспертов. Для решения такой задачи предлагается метод n-кратного понижения порядка лингвистических переменных на основе второго частного расширения базы, который дает возможность формализовать процесс эквивалентного трансформирования числа термов лингвистической переменной на n порядков. Это позволит усовершенствовать соответствующую систему анализа и оценивания рисков информационной безопасности, за счет автоматизации процесса модификации функции n-кратным понижением порядка без привлечения экспертов соответствующей предметной области.*

Ключевые слова: *риск, анализ рисков, оценивание рисков, система анализа и оценивание рисков, параметры рисков, нечеткая переменная, трансформирования термов лингвистических переменных, n-кратное понижение числа термов, треугольные нечеткие числа.*

Известные методы анализа и оценивания рисков информационной безопасности (ИБ) [1, 2], которые основываются на суждениях экспертов, как правило, требуют привлечения методов и средств, позволяющих обрабатывать нечеткие исходные данные [3], например, представленные в лингвистической форме. На основе этих методов была разработана система [1], в которой оценивание реализовано на основе лингвистических переменных (ЛП), базирующихся на эталонных параметрических трапециевидных нечетких числах (НЧ) с различным количеством определяющих термов [1]. В работе [4] был представлен метод n-кратного понижения числа термов ЛП на основе первого частного расширения базы (для трапециевидных НЧ). Эффективность практического использования системы анализа и оценивания рисков зависит от ее возможностей обрабатывать другие типы НЧ, на основе которых осуществляется определение ЛП и от оперативности варьирования количеством термов без привлечения экспертов соответствующей предметной области [4]. Расширить возможности указанной системы [1] можно путем использования дополнительного типа параметрических нечетких чисел – треугольных. В связи с этим актуальной является задача совершенствования работы системы анализа и оценивания рисков [2] посредством методов, позволяющих переопределять число термов (с различным типом НЧ) ЛП на n порядков.

В связи с этим, целью данной работы является разработка метода n-кратного понижения числа термов ЛП, базирующихся на эталонных параметрических треугольных НЧ, для расширения возможности систем анализа и оценивания рисков ИБ. Это будет способствовать дальнейшему развитию методов трансформирования термов [5] и расширит их возможности по использованию треугольных НЧ.

Для достижения поставленной цели осуществим преобразования с помощью метода, в основе которого заложена аналитическая функция, позволяющая осуществлять n-кратное понижение (эквивалентное преобразование) числа термов ЛП. Метод состоит из трех этапов, связанных с формированием, расширением и частным расширением базы [4]. Два первых этапа являются основой для n-кратного понижения порядка с использованием любых типов НЧ. Для совершенствования систем анализа и оценивания рисков рассмотрим третий этап возможности расширения базы для треугольных чисел.

И так, если в формуле (8) из работы [4] прировняем $b_j=b_{1j}=b_{2j}$, $j=\overline{1,m}$ то получим другой тип параметрических НЧ – треугольные и тогда для таких чисел выражение (8) из [4] можем представить в виде:

$$DR^{(m-n)}((a_1,b_1,c_1),(a_2,b_2,c_2),...,(a_{m-n+1},b_{m-n+1},c_{m-n+1}),(a_{m-n},b_{m-n},c_{m-n}))= FT^{-n}(DR^{(m)}((a_1,b_1,c_1),(a_2,b_2,c_2),...,(a_{m-1},b_{m-1},c_{m-1}),(a_m,b_m,c_m))). \quad (1)$$

По аналогии с [4] формулу (1) назовем вторым частным расширением базы.

Рассмотрим работу метода на конкретном примере, при этом положим в основу формулу (1), т.е. второе частное расширение базы. В качестве исходных данных, с учетом возможности дальнейшей верификации, будем использовать эталонные треугольные НЧ с равномерным, неравномерным, возрастающим и убывающим типом распределения при m=5 (см. табл. 1 в [6]). Так как реализация функции $FT^{-1}(DR^{(m)})$ рассматривалась в [6], то осуществим соответствующие преобразования при $n = \overline{2,3}$.

Пусть n=2, тогда выражение (8) принимает вид:

$$\begin{aligned} &DR^{(3)}((a_1,b_1,c_1),(a_2,b_2,c_2),(a_3,b_3,c_3)) = \\ &FT^{-2}(DR^{(5)}((a_1,b_1,c_1),(a_2,b_2,c_2),(a_3,b_3,c_3),(a_4,b_4,c_4),(a_5,b_5,c_5)). \end{aligned} \quad (2)$$

Для дальнейших преобразований на основе заданной функции воспользуемся аналитическими выражениями (см. формулы (3-5)) в работе [6]. С учетом того, что $n = 2$ выполним следующие преобразования:

для $T_{DR_1}^{(m-2)}$ –

$$a_1^{(m-2)} = k_1^{(m-2)}(a_1^{(m-1)} + a_2^{(m-1)} - A^{(m-2)})/2,$$
$$b_1^{(m-2)} = k_2^{(m-2)}(b_1^{(m-1)} + b_2^{(m-1)} - B^{(m-2)})/2,$$
$$c_1^{(m-2)} = k_1^{(m-2)}(c_1^{(m-1)} + c_2^{(m-1)} - A^{(m-2)})/2;$$

…

для $T_{DR_j}^{(m-2)}$ –

$$\begin{aligned} a_j^{(m-2)} &= k_1^{(m-2)}(a_j^{(m-1)} + a_{j+1}^{(m-1)} - A^{(m-2)})/2, \\ b_j^{(m-2)} &= k_2^{(m-2)}(b_j^{(m-1)} + b_{j+1}^{(m-1)} - B^{(m-2)})/2, \\ c_j^{(m-2)} &= k_1^{(m-2)}(c_j^{(m-1)} + c_{j+1}^{(m-1)} - A^{(m-2)})/2; \end{aligned} \quad (3)$$

…

для $T_{DR_{m-2}}^{(m-2)}$ –

$$a_{m-2}^{(m-2)} = k_1^{(m-2)}(a_{m-2}^{(m-1)} + a_{m-1}^{(m-1)} - A^{(m-2)})/2,$$
$$b_{m-2}^{(m-2)} = k_2^{(m-2)}(b_{m-2}^{(m-1)} + b_{m-1}^{(m-1)} - B^{(m-2)})/2,$$
$$c_{m-2}^{(m-2)} = k_1^{(m-2)}(c_{m-2}^{(m-1)} + c_{m-1}^{(m-1)} - A^{(m-2)})/2,$$

где $k_1^{(m-2)} = 2c_{dr}/(c_{m-2}^{(m-1)} + c_{m-1}^{(m-1)} - A^{(m-2)})$; $A^{(m-2)} = a_1^{(m-1)} + a_2^{(m-1)}$ (c_{dr} =$dr_{\max}$; $j = \overline{1,m}$, m – количество термов; a_j, c_j – абсциссы нижнего основания); $k_2^{(m-2)} = 2b_{dr}/(b_{m-2}^{(m-1)} + b_{m-1}^{(m-1)} - B^{(m-2)})$; $B^{(m-2)} = b_1^{(m-1)} + b_2^{(m-1)}$ (b_{dr} =$dr_{\max}$; b_j – абсцисса вершины треугольника, а $j = \overline{1,m}$, m – количество термов).

Для осуществления перехода от m термов к m-2 реализуем подстановку в выражение (3) значений $a_1^{(m-1)}, b_1^{(m-1)}, c_1^{(m-1)}$ и т.д. из работы [6] (см. формулы (3-5)). После несложных математических преобразований получим следующие аналитические выражения:

для $T_{DR_1}^{(m-2)}$ –

$$a_1^{(m-2)} = \frac{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + a_1^{(m)} + 2a_2^{(m)} + a_3^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$

$$b_1^{(m-2)} = \frac{-b_1^{(m)} - 2b_2^{(m)} - b_3^{(m)} + b_1^{(m)} + 2b_2^{(m)} + b_3^{(m)}}{-b_1^{(m)} - 2b_2^{(m)} - b_3^{(m)} + b_{m-2}^{(m)} + 2b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}} b_{dr},$$

$$c_1^{(m-2)} = \frac{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_1^{(m)} + 2c_2^{(m)} + c_3^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr};$$

…

$T_{DR_j}^{(m-2)}$ –

$$a_j^{(m-2)} = \frac{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + a_j^{(m)} + 2a_{j+1}^{(m)} + a_{j+2}^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$

$$b_j^{(m-2)} = \frac{-b_1^{(m)} - 2b_2^{(m)} - b_3^{(m)} + b_j^{(m)} + 2b_{j+1}^{(m)} + b_{j+2}^{(m)}}{-b_1^{(m)} - 2b_2^{(m)} - b_3^{(m)} + b_{m-2}^{(m)} + 2b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}} b_{dr}, \quad (4)$$

$$c_j^{(m-2)} = \frac{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_j^{(m)} + 2c_{j+1}^{(m)} + c_{j+2}^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr};$$

…

$T_{DR_{m-2}}^{(m-2)}$ –

$$a_{m-2}^{(m-2)} = \frac{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + a_{m-2}^{(m)} + 2a_{m-1}^{(m)} + a_m^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$

$$b_{m-2}^{(m-2)} = \frac{-b_1^{(m)} - 2b_2^{(m)} - b_3^{(m)} + b_{m-2}^{(m)} + 2b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}}{-b_1^{(m)} - 2b_2^{(m)} - b_3^{(m)} + b_{m-2}^{(m)} + 2b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}} b_{dr},$$

$$c_{m-2}^{(m-2)} = \frac{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 2a_2^{(m)} - a_3^{(m)} + c_{m-2}^{(m)} + 2c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$

(c_{dr} =$dr_{\max}$; $j = \overline{1,m}$, m – количество термов; a_j, c_j – абсциссы нижнего основания; b_{dr} =$dr_{\max}$; b_j – абсцисса вершины треугольника).

Пример 1 – равномерный тип распределения. Например, пусть для данной ЛП при m=5 НЧ принимают значения: T_{DR_1} = (0; 0; 22,22)$_{LR}$, T_{DR_2} = (11,11; 25; 44,44)$_{LR}$, T_{DR_3} = (33,33; 50; 66,66)$_{LR}$, T_{DR_4} = (55,55; 75; 88,88)$_{LR}$, T_{DR_5} = (77,77; 100; 100)$_{LR}$. Учитывая эти исходные данные и формулу (4) выполним согласно выражения (2) соответствующие преобразования.

В результате понижения количества термов ЛП на 2 порядка, получим, например, для $\boldsymbol{DR}^{(3)}$ следующие значения: $T_{DR}^{(3)} = \bigcup_{j=1}^{3} T_{DR_j}$ = {«Незначительный риск нарушения ИБ» (НР), «Степень риска нарушения ИБ средняя» (РС), «Степень риска нарушения ИБ высокая» (РВ)}, числовые эквиваленты которых для T_{DR_1} интерпретируются как $a_1^{(3)} = 0$, $b_1^{(3)} =$ 0, $c_1^{(3)} =$ 42,39, т.е. T_{DR_1} =(0; 0; 42,39) $_{LR}$, а T_{DR_2} = (26,92; 50; 73,08)$_{LR}$ и T_{DR_3} = (57,69; 100; 100)$_{LR}$. Если провести сравнение полученных результатов и приведенных в работе [6] (см. табл. 3), то можно сделать вывод о корректности реализованных преобразований понижении порядка.

Графическая интерпретация полученных эталонов равномерно распределенных треугольных НЧ приведена на рис. 1.

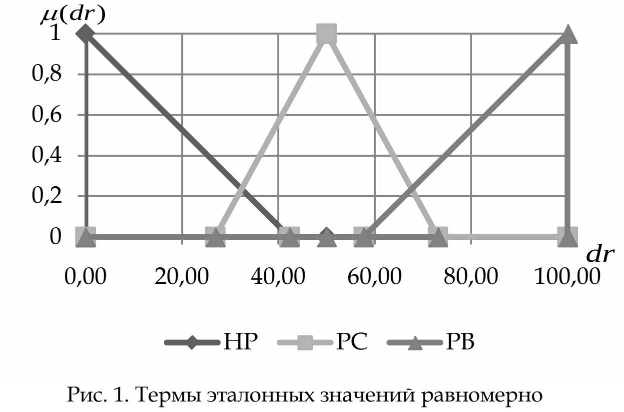

Рис. 1. Термы эталонных значений равномерно распределенных треугольных НЧ для ЛП ***DR*** при $T_{DR}^{(3)}$

Аналогичным образом реализуем понижение на 3 порядка. Для реализации заданной функции

ISSN 2225-5036
http://infosecurity.nau.edu.ua;   http://jrnl.nau.edu.ua/index.php/Infosecurity

воспользуемся выражениями из работы [6] (см. (3-5)). С учетом осуществления преобразования при $n = 3$ эти выражения можно представить в следующем виде:

для $T_{DR_1}^{(m-3)}$ –

$$a_1^{(m-3)} = k_1^{(m-3)}(a_1^{(m-2)} + a_2^{(m-2)} - A^{(m-3)})/2,$$
$$b_1^{(m-3)} = k_2^{(m-3)}(b_1^{(m-2)} + b_2^{(m-2)} - B^{(m-2)})/2,$$
$$c_1^{(m-3)} = k_1^{(m-3)}(c_1^{(m-2)} + c_2^{(m-2)} - A^{(m-3)})/2;$$

…

для $T_{DR_j}^{(m-3)}$ –

$$a_j^{(m-3)} = k_1^{(m-3)}(a_j^{(m-2)} + a_{j+1}^{(m-2)} - A^{(m-3)})/2,$$
$$b_j^{(m-3)} = k_2^{(m-3)}(b_j^{(m-2)} + b_{j+1}^{(m-2)} - B^{(m-3)})/2, \qquad (5)$$
$$c_j^{(m-3)} = k_1^{(m-3)}(c_j^{(m-2)} + c_{j+1}^{(m-2)} - A^{(m-3)})/2;$$

…

для $T_{DR_{m-3}}^{(m-3)}$ –

$$a_{m-3}^{(m-3)} = k_1^{(m-3)}(a_{m-3}^{(m-2)} + a_{m-2}^{(m-2)} - A^{(m-3)})/2,$$
$$b_{m-3}^{(m-3)} = k_2^{(m-3)}(b_{m-3}^{(m-2)} + b_{m-2}^{(m-2)} - B^{(m-3)})/2,$$
$$c_{m-3}^{(m-3)} = k_1^{(m-3)}(c_{m-3}^{(m-2)} + c_{m-2}^{(m-2)} - A^{(m-3)})/2,$$

где $k_1^{(m-3)} = 2c_{dr}/(c_{m-3}^{(m-2)} + c_{m-2}^{(m-2)} - A^{(m-3)})$; $A^{(m-3)} = a_1^{(m-2)} + a_2^{(m-2)}$ ($c_{dr} = dr_{\max}$; $j = \overline{1,m}$, m – количество термов; a_j, c_j – абсциссы нижнего основания); $k_2^{(m-3)} = 2b_{dr}/(b_{m-3}^{(m-2)} + b_{m-2}^{(m-2)} - B^{(m-3)})$; $B^{(m-3)} = b_1^{(m-2)} + b_2^{(m-2)}$ ($b_{dr} = dr_{\max}$; b_j – абсцисса вершины треугольника, а $j = \overline{1,m}$, m – количество термов).

Для осуществления перехода от m термов к m-3 выполним соответствующую подстановку в выражение (5) значений $a_1^{(m-2)}, b_1^{(m-2)}, c_1^{(m-2)}$ и т.д. (см. формулу (4)). После несложных математических преобразований получим следующие аналитические выражения:

для $T_{DR_1}^{(m-3)}$ –

$$a_1^{(m-3)} = \frac{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + a_1^{(m)} + 3a_2^{(m)} + 3a_3^{(m)} + a_4^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$
$$b_1^{(m-3)} = \frac{-b_1^{(m)} - 3b_2^{(m)} - 3b_3^{(m)} - b_4^{(m)} + b_1^{(m)} + 3b_2^{(m)} + 3b_3^{(m)} + b_4^{(m)}}{-b_1^{(m)} - 3b_2^{(m)} - 3b_3^{(m)} - b_4^{(m)} + b_{m-3}^{(m)} + 3b_{m-2}^{(m)} + 3b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}} b_{dr},$$
$$c_1^{(m-3)} = \frac{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_1^{(m)} + 3c_2^{(m)} + 3c_3^{(m)} + c_4^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr};$$

…

$T_{DR_j}^{(m-3)}$ –

$$a_j^{(m-3)} = \frac{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + a_j^{(m)} + 3a_{j+1}^{(m)} + 3a_{j+2}^{(m)} + a_{j+3}^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$
$$b_j^{(m-3)} = \frac{-b_1^{(m)} - 3b_2^{(m)} - 3b_3^{(m)} - b_4^{(m)} + b_j^{(m)} + 3b_{j+1}^{(m)} + 3b_{j+2}^{(m)} + b_{j+3}^{(m)}}{-b_1^{(m)} - 3b_2^{(m)} - 3b_3^{(m)} - b_4^{(m)} + b_{m-3}^{(m)} + 3b_{m-2}^{(m)} + 3b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}} b_{dr}, \qquad (6)$$
$$c_j^{(m-3)} = \frac{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_j^{(m)} + 3c_{j+1}^{(m)} + 3c_{j+2}^{(m)} + c_{j+3}^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr};$$

…

$T_{DR_{m-3}}^{(m-3)}$ –

$$a_{m-3}^{(m-3)} = \frac{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + a_{m-3}^{(m)} + 3a_{m-2}^{(m)} + 3a_{m-1}^{(m)} + a_m^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$
$$b_{m-3}^{(m-3)} = \frac{-b_1^{(m)} - 3b_2^{(m)} - 3b_3^{(m)} - b_4^{(m)} + b_{m-3}^{(m)} + 3b_{m-2}^{(m)} + 3b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}}{-b_1^{(m)} - 3b_2^{(m)} - 3b_3^{(m)} - b_4^{(m)} + b_{m-3}^{(m)} + 3b_{m-2}^{(m)} + 3b_{m-1}^{(m)} + b_m^{(m)}} b_{dr},$$
$$c_{m-3}^{(m-3)} = \frac{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}}{-a_1^{(m)} - 3a_2^{(m)} - 3a_3^{(m)} - a_4^{(m)} + c_{m-3}^{(m)} + 3c_{m-2}^{(m)} + 3c_{m-1}^{(m)} + c_m^{(m)}} c_{dr},$$

($c_{dr} = dr_{\max}$; $j = \overline{1,m}$, m – количество термов; a_j, c_j – абсциссы нижнего основания; $b_{dr} = dr_{\max}$; b_j – абсцисса вершины треугольника).

Воспользуемся исходными данными из предыдущего примера, выполним, в соответствие с выражением (2), преобразование (6). В результате понижения количества термов ЛП на 3 порядка, получим, например, для $\boldsymbol{DR}^{(2)}$ следующие значения: $T_{DR}^{(2)} = \bigcup_{j=1}^{2} T_{DR_j} =$ {«Степень риска нарушения ИБ низкая» (РН), «Степень риска нарушения ИБ высокая» (РВ)}, числовые эквиваленты которых для T_{DR_1} интерпретируются как $a_1^{(2)} = 0$, $b_1^{(2)} = 0$, $c_1^{(m-3)} = 60{,}53$, т.е. T_{DR_1} = (0; 0; 60,53) $_{LR}$, а T_{DR_2} = (39,47; 100; 100)$_{LR}$. Графическая интерпретация полученных эталонов НЧ приведена на рис. 2.

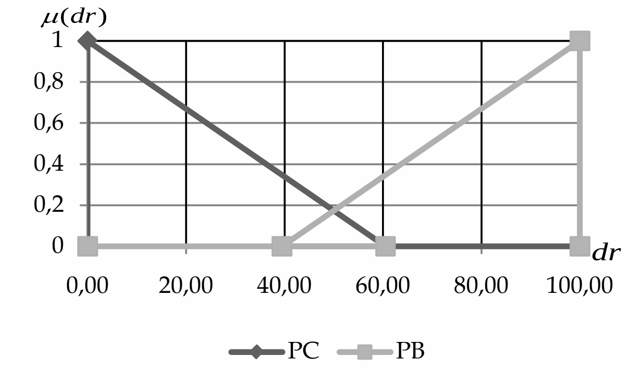

Рис. 2. Термы эталонных значений равномерно распределенных НЧ для ЛП $\boldsymbol{DR}$ при $T_{DR}^{(2)}$

При сравнении полученных результатов и приведенных в работе [6] (см. табл. 3), можно увидеть их полное совпадение. Исходя из этого, можно сделать вывод о корректности реализованных преобразований по понижению порядка.

Пример 2 – неравномерный тип распределения. Рассмотрим работу метода на примере неравномерно распределенных по оси dr треугольных НЧ со следующими значениями: T_{DR_1} = (0; 0; 20)$_{LR}$, T_{DR_2} = (12; 27; 39)$_{LR}$, T_{DR_3} = (30; 52; 59)$_{LR}$, T_{DR_4} = (56; 74; 78)$_{LR}$, T_{DR_5} = (70; 100; 100)$_{LR}$ (см. табл. 1 в [6]). Для этого выполним, в соответствие с выражением (2), преобразование (4).

В результате для $\boldsymbol{DR}^{(3)}$ получим значения термов, числовые эквиваленты которых для T_{DR_1} интерпретируются как $a_1^{(3)} = 0$, $b_1^{(3)} = 0$, $c_1^{(3)} = 39{,}46$, т.е. T_{DR_1} = (0; 0; 39,46) $_{LR}$, а T_{DR_2} = (28,35; 51,03; 69,35)$_{LR}$, T_{DR_3} = (60,54; 100; 100)$_{LR}$. Графическая интерпретация полученных эталонов неравномерно распределенных НЧ приведена на рис. 3.

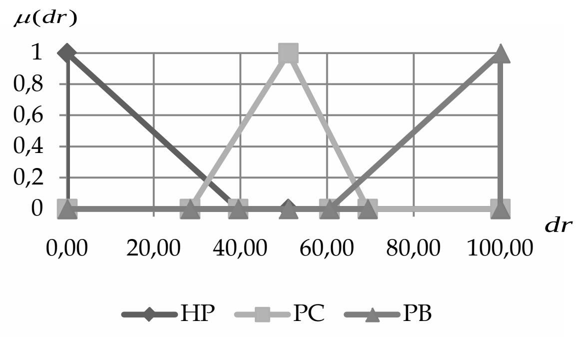

Рис. 3. Термы эталонных значений неравномерно распределенных НЧ для ЛП ***DR*** при $T_{DR}^{(3)}$

При сравнении полученных результатов и приведенных в работе [6] (см. табл. 3), видно их полное совпадение. Исходя из этого, можно сделать вывод о корректности реализованных преобразований по понижению порядка.

Пример 3 – возрастающий тип распределения. Покажем работу представленного метода для НЧ, которые имеют возрастающий тип распределения по оси *dr* со следующими значениями: T_{DR_1} = (0; 0; 10)LR, T_{DR_2} = (5; 10; 25)LR, T_{DR_3} = (20; 30; 45)LR, T_{DR_4} = (40; 60; 70)LR, T_{DR_5} = (65; 100; 100)LR (см. табл. 1 в [6]). Для этого выполним, в соответствие с выражением (2), преобразование (4). В результате получим следующие значения НЧ с числовыми эквивалентами – T_{DR_1} =(0; 0; 29,41)*LR*, T_{DR_2} = (21,57; 40; 60,78)*LR*, T_{DR_3} = (52,97; 100; 100)*LR*. Графическая интерпретация полученных эталонов с возрастающим типом распределения НЧ приведена на рис. 4.

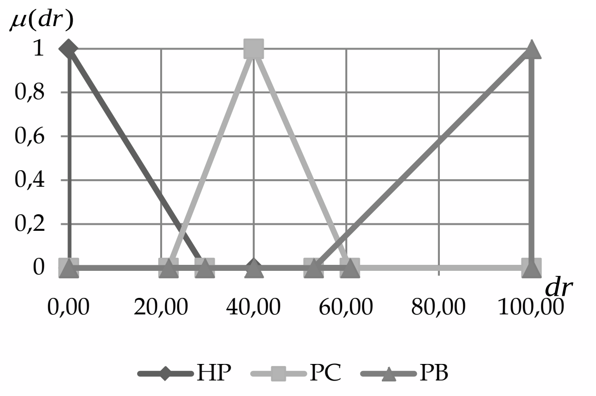

Рис. 4. Термы эталонных значений с возрастающим распределением НЧ для ЛП ***DR*** при $T_{DR}^{(3)}$

Пример 4 – убывающий тип распределения. Реализуем преобразования НЧ, которые имеют убывающий тип распределения по оси *dr* со следующими значениями: T_{DR_1} = (0; 0; 30)LR, T_{DR_2} = (30; 40; 55)LR, T_{DR_3} = (50; 70; 75)LR, T_{DR_4} = (75; 90; 90)LR, T_{DR_5} = (90; 100; 100)LR (см. табл. 1 в [6]). Для этого выполним, в соответствие с выражением (2), преобразование (4). В результате получим следующие значения треугольн ых НЧ с числовыми эквивалентами: T_{DR_1} =(0; 0; 41,67)*LR*, T_{DR_2} = (41,67; 60; 75)*LR*, T_{DR_3} = (75; 100; 100)*LR*. Графическая интерпретация полученных эталонов с убывающим типом распределения НЧ приведена на рис. 5.

Сравнение полученных результатов в примерах 3 и 4 с приведенными в работе [6] (см. табл. 3), показывает их полную идентичность, что говорит о корректности реализованных преобразований по понижению порядка.

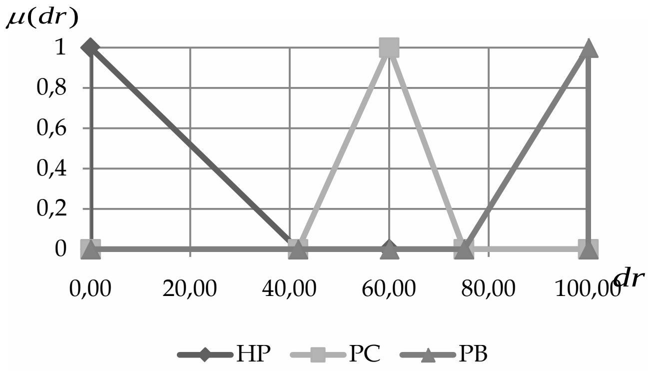

Рис. 5. Термы эталонных значений с убывающим распределением НЧ для ЛП ***DR*** при $T_{DR}^{(3)}$

Таким образом, с целью совершенствования работы системы анализа и оценивания рисков ИБ, предложен метод *n*-кратного понижения числа термов с использованием второго частного расширения базы, в котором за счет модификации *n*-кратным расширением функции понижения термов на один порядок, расширяется возможность формализации процесса эквивалентного трансформирования числа эталонных термов ЛП на *n* порядков без привлечения экспертов соответствующей предметной области.

Литература

[1] Корченко А.Г. Анализ и оценивание рисков информационной безопасности / А.Г. Корченко, А.Е. Архипов, С.В. Казмирчук // Монография. — К. : ООО «Лазурит-Полиграф», 2013. — 275 с.

[2] Казмирчук С.В. Интегрированный метод анализа и оценивания рисков информационной безопасности / С.В. Казмирчук, А.Ю. Гололобов // Защита информации. — 2014. — Том 16. — №3 (64). — С. 252-261.

[3] Корченко А.Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения / А.Г. Корченко — К. : «МК-Пресс», 2006. — 320 с.

[4] Корченко А.Г. Метод *n*-кратного понижения числа термов лингвистических переменных в задачах анализа и оценивания рисков / А.Г. Корченко, С.В. Казмирчук, А.Ю. Гололобов // Защита информации. — 2014. — Том 16. — №4 (65), жовтень-грудень. — С. 284-291.

[5] Казмирчук С.В. Метод трансформирования термов лингвистических переменных в задачах анализа и оценивания рисков информационной безопасности / С.В. Казмирчук // Защита информации — 2013. — Том 15. — №3 (60), липень-вересень. — С. 268-276.

[6] Корченко А.Г. Метод преобразования эталонов параметров для систем анализа и оценивания рисков информационной безопасности / А.Г. Корченко, С.В. Казмирчук, А.Ю. Гололобов // Защита информации. — 2013. — Т.15. — №4, жовтень-грудень. — С. 359-366.

УДК 004.056.5 (045)

Казмірчук С.В., Ахмєтов Б.С., Гололобов А.Ю., Гнатюк С.О., Сєйлова Н.А. Метод n-кратного зниження порядку лінгвістичної змінної на основі часткового розширення бази

Анотація. *В основу відомої системи аналізу та оцінювання ризиків закладені методи, що ґрунтуються на обробці лінгвістичних змінних, які базуються на еталонних параметричних трапецієподібних нечітких числах з різною кількістю визначальних термів, формування яких пов'язане із залученням експертів відповідної предметної області. Ефективність практичного використання такої системи залежить від її можливостей обробляти різні типи нечітких чисел і від оперативності варіювання кількістю термів без залучення необхідних експертів. Для вирішення такого завдання пропонується метод n-кратного зниження порядку лінгвістичних змінних на основі другого приватного розширення бази, який дає можливість формалізувати процес еквівалентного трансформування числа термів лінгвістичної змінної на n порядків. Це дозволить удосконалити відповідну систему аналізу та оцінювання ризиків інформаційної безпеки, за рахунок автоматизації процесу модифікації функції n-кратним зниженням порядку без залучення експертів відповідної предметної області.*

Ключові слова: *ризик, аналіз ризиків, оцінювання ризиків, система аналізу та оцінювання ризиків, параметри ризиків, нечітка змінна, трансформування термів лінгвістичної змінної, n-кратне зниження числа термів, трикутні нечіткі числа.*

Kazmirchuk S., Akhmetov B., Gololobov A., Gnatyuk S., Seilova N. The n-fold decrease method of linguistics variables, based on the private database extension

Abstract. *The basis of known system analysis and risk assessment are methods based on the processing of linguistic variables, based on the standard parametric trapezoidal fuzzy numbers with a different number of specific terms, the formation of which is related to the experts assistance in corresponding subject area. The effectiveness of practical use of such a system depends on its ability to handle different types of fuzzy numbers and speed variation of terms without the involvement of the appropriate expertise. To address such challenge the n-fold decrease method of linguistic variables, based on the second private database extension that gives an opportunity to formalize the process of equivalent transformation of terms number of linguistic variable on n-orders is proposed. This will improve the corresponding system of analysis and risk assessment of information security, by automating the process of function modification of the n-fold order decrease without experts' assistance of relevant subject area.*

Key words: *risk, risk analysis, risk assessment, analysis system and risk assessment, risk parameters, fuzzy variable of terms transformation of linguistic variables, n-fold decrease terms number, the triangular fuzzy numbers.*

Отримано *3 жовтня 2014 року*, затверджено редколегією *21 жовтня 2014 року*